

武蔵野大学学術機関リポジトリ Musashino University Academic Institutional Repository

小学校理科における気体センサーの活用に関する考察 : 気体センサーの活用による問題解決の発展性

著者	樋口 昇
雑誌名	武蔵野教育學論集
号	6
ページ	91-101
発行年	2019-03-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1419/00001057/

小学校理科における 気体センサーの活用に関する考察

－ 気体センサーの活用による問題解決の発展性 －

A Study on Utilization of Gas Sensor in Elementary School Science: Evolution of Problem Solving by Utilizing a Gas Sensor

樋口 昇^{*}
HIGUCHI Noboru

はじめに

小学校学習指導要領（平成 29 年公示）解説：理科編では、いずれも第 6 学年の「A (1) 燃焼の仕組み」、「B (1) 人の体のつくりと働き」、「B (3) 生物と環境」において、以下に示すように気体検知管と併記して「気体センサーなどによる酸素や二酸化炭素の測定、検出」などが例示されている。現行学習指導要領解説：理科編には見られなかった例示である。これは、理科の学習で活用する上で、十分な性能を備えた気体センサーが、比較的安価で市販されるようになったことも背景と考えられる。

小学校学習指導要領（平成 29 年公示）解説：理科編における

「気体センサー」に関する記述

❖ 「A (1) 燃焼の仕組み」

物が燃える際に、酸素の一部が使われ二酸化炭素ができることを捉えさせる際には、二酸化炭素の有無を調べることができる石灰水や、酸素や二酸化炭素の割合を調べることでできる気体検知管や気体センサーといった測定器具などを用いることが考えられる。

❖ 「B (1) 人の体のつくりと働き」

呼吸や吸気を調べる活動では指示薬や気体検知管、気体センサーなどによる酸素や二酸化炭素の測定が、消化を調べる活動ではヨウ素液によるヨウ素デンプン反応などが考えられる。

❖ 「B (3) 生物と環境」

植物が酸素を出しているかを調べるために、気体検知管や気体センサーなどを活用して、酸素や二酸化炭素の検出を行うことが考えられる。

気体検知管を使った実験に関しては、学習者と指導者の捉える困難さについて、石川ら (2007) の報告があるなど、学習活動における課題が指摘されている。また、気体検知管が測定の過程を

^{*} 武蔵野大学教育学部

示せないことに対して、変化の過程を測定できる気体センサーの有効性について平山ら(2014)の報告がある。さらに、酸素センサーの優れた教材性(実験の安全性、実験操作の容易性、実験結果の明瞭性・判読容易性等)については、後藤ら(2017)が報告している。

このように、気体濃度の変化を、リアルタイムで可視化できる気体センサーの活用は、自然の事物・現象についての理解を図る上で有効であると考えられる。また、児童自らが気体センサーを操作し、自らの予想を確かめる活動は、「主体的で深い学び」につながると考えられる。

こうした考えのもと、本研究では、小学校学習指導要領(平成29年公示)解説:理科編で「気体センサーなどによる酸素や二酸化炭素の測定、検出」が例示されているいずれも第6学年の「A(1)燃焼の仕組み」、「B(1)人の体のつくりと働き」、「B(3)生物と環境」に加え、第6学年「A(2)水溶液の性質」の単元において、気体センサーの有効活用の方策について検討するとともに、気体センサーの活用により、児童が新たに見いだすであろう問題を想定し、問題解決の発展性について考察する。

1 目的

- (1) 第6学年の「A(1)燃焼の仕組み」、「B(1)人の体のつくりと働き」、「B(3)生物と環境」、「A水溶液の性質」の単元において、酸素センサーや二酸化炭素センサーを活用した実験における基礎データを収集する。
- (2) 上記単元において、酸素センサーや二酸化炭素センサーを活用した場合、児童が見いだすであろう問題を想定し、問題解決の発展性について考察する。

2 方法

- (1) 以下の気体センサーや器具を使用し、第6学年の「A(1)燃焼の仕組み」、「B(1)人の体のつくりと働き」、「B(3)生物と環境」、「A(2)水溶液の性質」の単元における実験の基礎データを収集する。なお、各実験の方法や環境については、内容ごとに後述する。
 - ① 酸素濃度の測定:「児童用酸素モニタ 検ちゃん TDO-01FS」(株)ナリカ 2台
 - ② 二酸化炭素濃度の測定:「デジタルCO₂/O₂モニタ TGM-01」(株)ナリカ 1台※ 使用した②の機器は、寿命のため酸素センサーが使用できず、二酸化炭素濃度のみを測定した。
- (2) 東京都内公立小学校6校に在籍する第6学年児童468に対して、「A(1)燃焼の仕組み」、「B(3)生物と環境」について質問紙調査を行い、その結果から、気体センサーを活用した場合の問題解決の発展性について考察する。

なお、6校においては、同一の教科書を使用し、「A(1)燃焼の仕組み」、「B(3)生物と環境」の学習が終わった平成30年度の夏季休業直前の時点で調査を実施した。ただし、1校において単元の入替えがあり、「B(3)生物と環境」の学習前であったため、「B(3)生物と環境」に関する調査は、東京都内公立小学校5校に在籍する第6学年児童399名に対して実施した。

3 実態調査の内容と結果

(1) 調査対象等

① 「A (1) 燃焼の仕組み」に関する調査

- 都内公立小学校 6 校に在籍する第 6 学年児童 468 名
- 「A (1) 燃焼の仕組み」に関する学習が終了している夏季休業直前に実施

② 「B (3) 生物と環境」に関する調査

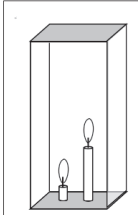
- 都内公立小学校 5 校に在籍する第 6 学年児童 399 名
- 「B (3) 生物と環境」に関する学習が終了している夏季休業直前に実施

(2) 「A (1) 燃焼の仕組み」に関する調査内容

1-① 理科の学習で「ものの燃え方」を学習しました。びんの中でろうそくが燃え続けるためには、空気が入れかわる必要があります。では、図のように、高さのちがう 2 本のろうそくに同時に火をつけ、空気が入れかわらないようにふたをした時、どうなると思いますか。1 つに○を付けてください。

☐ 上のろうそくが先に消える。
☐ 下のろうそくが先に消える。
☐ 上と下のろうそくがほとんど同時に消える。

1-② 1-①で答えた理由は何ですか。文章で書いてください。



(3) 「A (1) 燃焼の仕組み」に関する調査結果

ろうそくの消える順番に関する調査結果は、図 3-1 のグラフで示す。「上のろうそくが先に消える」と回答した児童は全体の 38.7%であった。

「上のろうそくが先に消える」と回答した理由についての調査結果は、図 3-2 のグラフで示す。「① 空気の上昇」と「② 二酸化炭素の発生」の両方を理由として記述した児童は 32.0%であった。これは、全調査対象児童の 12.4%に相当する。

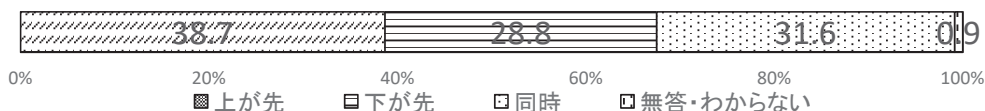


図 3-1 ろうそくの消える順番に関する児童の回答の割合

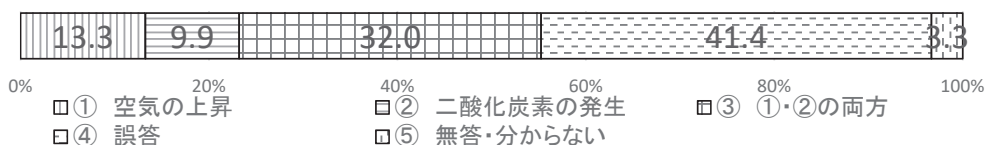


図 3-2 上のろうそくが先に消える理由に関する児童の回答の割合

(4) 「A (1) 燃焼の仕組み」に関する調査結果に基づく考察

「① 空気の上昇」を理由として記述するためには、第 4 学年 A (2) の内容である「空

気は熱を加えられた部分が上方に移動して全体が温まっていくこと」の定着が必要である。また、「② 二酸化炭素の発生」を理由として記述するためには、第6学年A(1)の内容である「植物体が燃えるときには、空気に含まれる酸素の一部が使われて、二酸化炭素ができること」の定着が必要である。その上で、設問の現象を正しく説明するためには、その両者の知識をつなげ、より科学的な概念を形成することが求められる。「① 空気の上昇」と「② 二酸化炭素の発生」の両方を理由として記述した児童は全調査対象児童の12.4%であることから、「様々な知識をつなげ、より科学的な概念を形成する」学習場面をより多く設定することが必要である。

(5) 「B(3) 生物と環境」に関する調査内容

- | | |
|-----|---|
| 2-① | 理科で「生物どうしの関わり」を学習しました。人や動物、植物は、酸素を取り入れて二酸化炭素を出しています。しかし、地球上の酸素はなくなることはありません。これはなぜですか。 |
| 2-② | 2-①で答えたことから、人は自然に対してどのようなことに気を付けていく必要があると考えますか。 |

(6) 「B(3) 生物と環境」に関する調査結果

上記の調査(2-①)に関する回答を、次の6つに類型化した。

- | | |
|---|---|
| ① | 植物が酸素を出しているとした趣旨の回答をした児童 |
| ② | 植物が二酸化炭素を取り入れ、酸素を出しているとした趣旨の回答をした児童 |
| ③ | ②の回答に加え、光が当たるという条件を示した趣旨の回答をした児童 |
| ④ | 光合成のみを理由とし、気体名を記述していない回答をした児童 |
| ⑤ | 植物も呼吸しているものの、光合成による酸素の発生量が多いなど、呼吸との関係に触れた趣旨の回答をした児童 |
| ⑥ | 誤答・無回答 |

調査結果は、図3-3のグラフで示す。「③ 光が当たるという条件」を記述した児童は、18.8%、「⑤ 呼吸との関係」に触れた記述をした児童は2.5%であった。

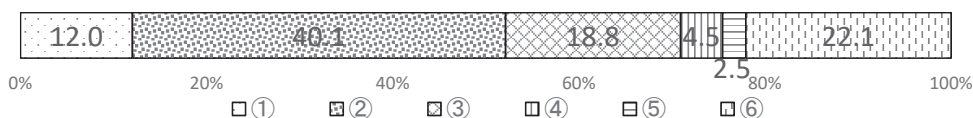


図3-3 地球上から酸素がなくなる理由に関する児童の回答の割合

(7) 「B(3) 生物と環境」に関する調査結果に基づく考察

「植物は二酸化炭素を取り入れて酸素を出す」ことについては、40.1%の児童が記述しているものの、その現象に太陽光が必要であることを併せて記述した児童(18.8%)や、植物の呼吸による酸素の吸収量と、光合成による酸素の排出量などの関係について記述した児童(2.5%)は少なかった。こうした結果が出た背景には、学校現場での実践に制約があることが考えられる。多くの学校では、植物の光合成による二酸化炭素の吸収と酸素の発生に関する実験を、太陽光の当たらない条件での対比実験を行わずに実施しているのが現

状である。このため、児童には、太陽光が必要であることが十分に定着していないと考えられる。気体検知管の使用にも制約があり、実験開始時と終了時のみの二酸化炭素・酸素濃度の測定に留まり、両者が時間とともに連続的に変化するというイメージが捉えにくいことも一因と考える。

4 「A (4) 燃焼の仕組み」における活用

(1) 実験の方法等

燃焼による酸素・二酸化炭素の濃度変化を測定し、その結果から児童の問題解決の発展性について検討することを目的として実験を行った。

縦・横 10cm、高さ 20cm のアクリルの直方体の底面に、ろうそくを設置し、上部、下部に酸素センサー、下部に二酸化炭素センサーを設置した。外部の空気と交換しないよう密閉した上でろうそくに点火し、酸素・二酸化炭素の濃度の変化を記録した。なお、実験に使用したろうそくや各センサーの位置は次のとおりである。

- ・ろうそく 1 本の場合の炎の中心：底面から約 3.0cm
- ・ろうそく 2 本の場合の炎の中心

下部のろうそく：底面から約 3.0cm 上部のろうそく：底面から約 9.5cm

- ・上部の酸素センサーのセンサー部分：底面から約 18.5cm
- ・下部の酸素センサーのセンサー部分：底面から約 3.0cm
- ・二酸化炭素センサーのセンサー部分：底面から約 3.0cm

(2) 実験の結果と考察

① ろうそく 1 本の場合

ろうそくは点火後 54 秒で消えた。上部の酸素濃度が、下部の酸素濃度の減少に比べて大きい。二酸化炭素はほぼ一定の割合で増加している。

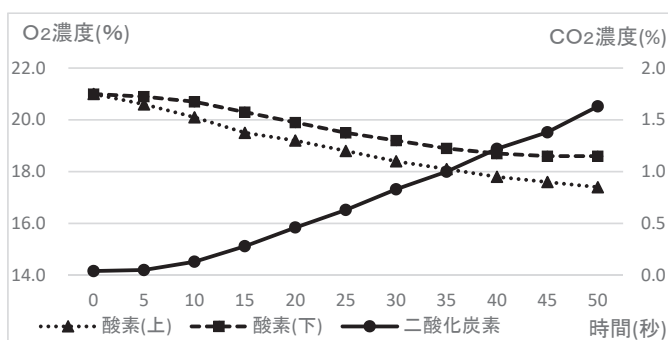


図4-2 1本のろうそくを点火した場合のO₂・CO₂濃度の変化

② ろうそく2本の場合

上部のろうそくは、点火後24秒で消え下部のろうそくは点火後47秒で消えた。上部と下部の酸素濃度の差が、ろうそく1本の場合に比べ大きい。二酸化炭素の濃度の上昇の仕方は、ろうそく1本の場合に比べ大きい。

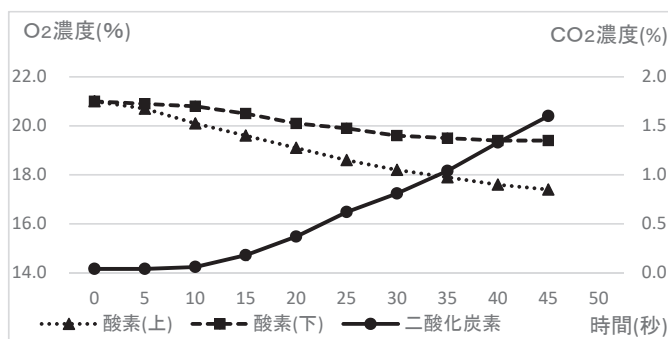


図4-3 2本のろうそくを点火した場合のO₂・CO₂濃度の変化

(3) 気体センサー活用による問題解決の発展性

ろうそく1本の場合の上部・下部の酸素濃度及び下部の二酸化炭素濃度の変化を捉えた児童は、燃焼による実験装置内の気体の変化に対する理解を深めることができる。この実験結果を4年A(2)の内容である「空気は熱を加えられた部分が上方に移動して全体が温まっていくこと」と関連付けて解釈し、上部には酸素が少ないという事実に加え、上部には二酸化炭素が増えているのではないかと予想をもつ。その予想から、高さの違う2本のろうそくに同時に点火したら、上のろうそくが先に消えるのではないかと問題を見いだすことが考えられる。予想される児童の反応を表4-4に示す。

この現象の解釈には、第4学年A(2)の内容に加え、第6学年A(1)の内容の知識が必要であり、解説に示されている「主体的・対話的で深い学び」のうちの深い学びの例示である「様々な知識がつながって、より科学的な概念を形成することに向かっているか」の具体的な姿となると考える。

表4-4 予想される児童の反応

- 上に付けたセンサーの酸素濃度が、先に低くなっている。
- 上のほうが、二酸化炭素が多いのでは……
- 高さの違う2本のろうそくに、同時に火をつけたら、上のろうそくが先に消えるはずだ。確かめてみたい。

5 「B (1) 人の体のつくりと働き」における活用

(1) 実験の方法等

人の呼吸による吸気と呼気における酸素・二酸化炭素の濃度変化を測定し、その結果から児童の問題解決の発展性について検討することを目的として実験を行った。



図5-1 実験装置(左:呼気封入前、右:呼気封入後)

酸素センサーと二酸化炭素センサーを入れたビニル袋（縦 20cm、横 15cm）にストローを差し込み、気体が漏れないようにビニタイで密閉する。ストローから袋を満たすまで呼気を吹き込み、酸素・二酸化炭素の濃度を測定する。

安静時の呼気と、軽い運動後の呼気の酸素・二酸化炭素の濃度を比較する。

(2) 実験の結果と考察

安静時において、吸気と呼気の濃度を比較すると、酸素は約 9 割に減少し、二酸化炭素は、約 60 倍になった。この実験により、人は呼吸により、体内に酸素を取り入れ、体外に二酸化炭素を出していることを、児童がとらえることができる。

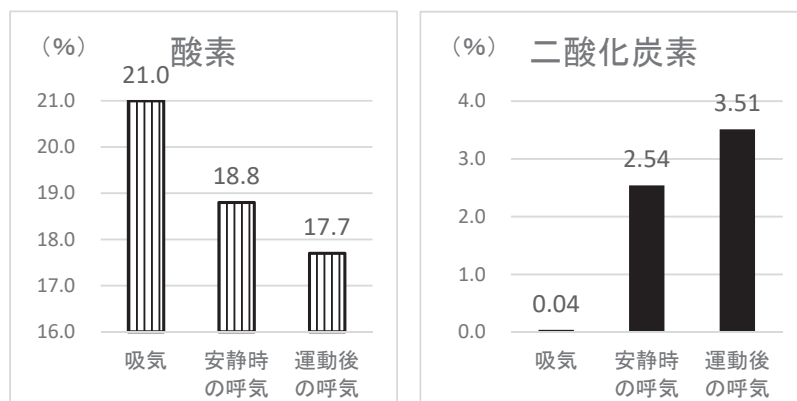


図5-2 安静時と運動後における吸気・呼気中の気体濃度

(3) 気体センサー活用による問題解決の発展性

安静時の吸気と呼気における酸素・二酸化炭素の濃度変化から、児童は、人は呼吸により、体内に酸素を取り入れ、体外に二酸化炭素を出していることを、理解することができる。この事実と、運動後の呼吸の速さなどを関連付けて考え、運動後は、呼吸による酸素・二酸化炭素の交換が、より激しくなっているのではという疑問をもつことが期待できる。予想される児童の反応を表5-3に示す。

実験の方法についても、見通しをもつことができ、児童が自ら実験を行い、結果を得ることが可能となり、人の呼吸に対する概念をより確かなものにすることが期待される。

何度も繰り返し測定することのできる気体センサーの長所が生かされる活用場面と考える。

表5-3 予想される児童の反応

- 私たちがはいた息は、吸い込んだ空気に比べて、酸素が減って、二酸化炭素が増えている。
- 運動をした後は、呼吸が激しくなる……
- もっと酸素が減って、もっと二酸化炭素が増えているかもしれない。確かめてみたい。

6 「B (3) 生物と環境」における活用

(1) 実験の方法等

植物の光合成による酸素・二酸化炭素の濃度変化を測定し、その結果から児童の問題解決の発展性について検討することを目的として実験を行った。

丸型水槽に鉢植えの植物（ベコニア）と酸素センサー・二酸化炭素



図6-1 実験装置(左:屋内での実験、右:屋外での実験)

センサーを入れ、ビニル袋などで密閉し、照明や太陽光を当て、酸素・二酸化炭素の濃度の变化を測定する。

天候に左右されない実験室での実験を想定してLED照明を当てた実験を行った。

また、太陽光の下では、空気を密閉して行った測定と、人の呼気を封入して行った測定の2種類の実験を行った。

(2) 実験の結果と考察

- ① 空気を封入し、LED照明を当てた場合は、酸素の濃度はわずかに減少し、二酸化炭素の濃度は変化しなかった。LED照明の光量や波長が、光合成に適さなかったと考えられ、室内での実験は難しいと言える。

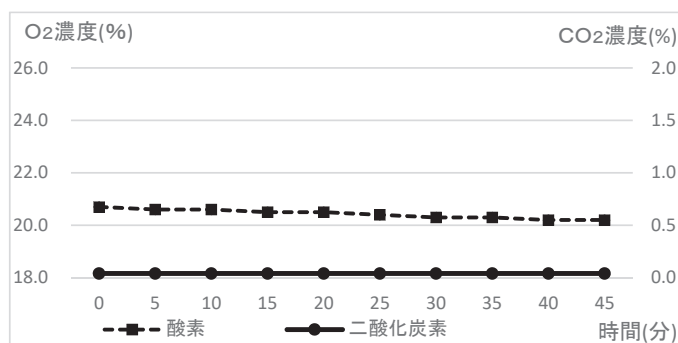


図6-2 空気を封入しLED照明を当てた場合のO₂・CO₂の濃度

- ② 空気を封入し、太陽光を当てた場合は、酸素の濃度は増加するものの、二酸化炭素の濃度は変化しなかった。二酸化炭素センサーが、0.04%以下を測定できない可能性がある。この結果では、植物は光が当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出すなど、生物が空気を通して周囲の環境と関わって生きていることを捉えることは難しい。

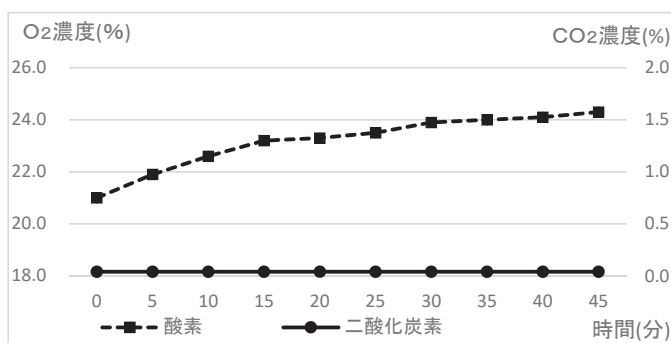


図6-3 空気を封入し太陽光を当てた場合のO₂・CO₂の濃度変化

- ③ 人の呼気を封入し、太陽光を当てた場合は、酸素の濃度が増加し、二酸化炭素の濃度が減少した。この結果から、植物は光が当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出すことについて実感を持って理解でき、人をはじめとした生物が空気を通して周囲の環境と関わっているイメージを確かなものにできると考える。

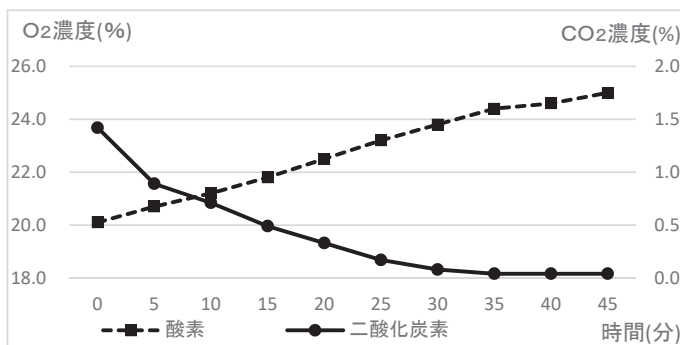


図6-4 人の呼気を封入し太陽光を当てた場合のO₂・CO₂の濃度変化

7 「A (2)「水溶液の性質」における活用

(1) 実験の方法等

炭酸水に溶けている二酸化炭素の濃度変化を測定し、その結果から児童の問題解決の発展性について検討することを目的として実験を行った。

500ml ビーカーに二酸化炭素センサーを設置し、炭酸水を注ぎ二酸化炭素の濃度変化を測定する。20 秒後、実験用ガスコンロで加熱し、引き続き二酸化炭素の濃度変化を測定する。なお、注いだ炭酸水は約 100 ml で、二酸化炭素センサーのセンサー部分は、液面から約 6 cm とした。

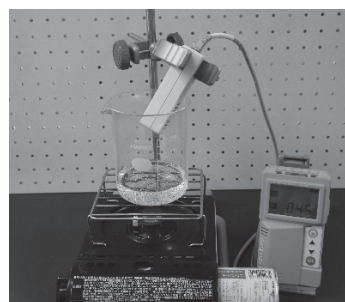


図7-1 実験装置

(2) 実験の結果と考察

炭酸水をビーカーに注いだ直後から二酸化炭素濃度が上昇した。加熱後（開始 20 秒後）は二酸化炭素濃度がさらに上昇した。

このことから、炭酸水に二酸化炭素が溶けていることの根拠の一つになり得ると考える。他の方法と併用して考察することにより、気体が溶けている水溶液の性質や動きについて、より妥当な考えをつくりだす活動となると考える。

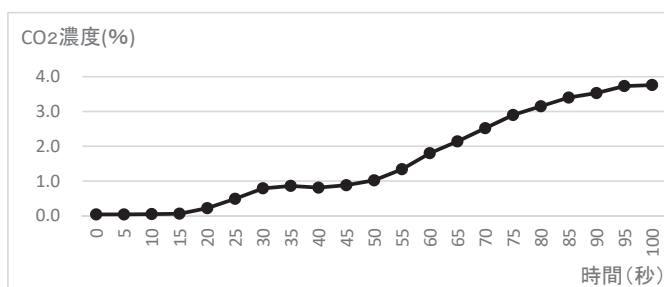


図7-2 ビーカーに注いだ炭酸水のCO₂の濃度変化

8 考察

(1) 「A (4)「燃焼の仕組み」に関して

気体センサーを活用し、ろうそく 1 本の場合の上部・下部の酸素濃度及び下部の二酸化炭素濃度の変化を捉えることにより、燃焼による実験装置内の気体の変化に対する理解を深めることができる。さらに、この結果から、第4学年A (2) の内容である「空気は熱を加えられた部分が上方に移動して全体が温まっていくこと」と関連付けて解釈し、上部には酸素が少ないという事実に加え、上部には二酸化炭素が増えているのでないかとの予想をもつと考えられる。その予想を確かめるため、高さの違う 2 本のろうそくに、同時に火をつけたら、上のろうそくが先に消えるのではないかとい問題を見いだすことが考えられる。

(2) 「B (1) 人の体のつくりと働き」に関して

気体センサーを活用した安静時の吸気と呼気における酸素・二酸化炭素の濃度変化から、人は呼吸により、体内に酸素を取り入れ、体外に二酸化炭素を出していることを理解することが

できる。この事実と、運動後の呼吸の速さなどを関連付け、運動後は呼吸による酸素・二酸化炭素の交換が、より激しくなっているのではという疑問をもつことが考えられ、人の呼吸に対して、より多面的に理解することが期待できる。

(3) 「B (3) 生物と環境」に関して

人の呼気を封入し、植物に太陽光を当てた場合の酸素・二酸化炭素の濃度の変化を、時間の経過とともに捉えることにより、植物は光が当たると二酸化炭素を取り入れて酸素を出すことを実感を伴って理解することが期待できる。

「B (1) 人の体のつくりと働き」と関連させることにより、人や動物が、空気を通して植物と関わって生きているイメージを確かなものにできると考える

(4) 「A (2) 「水溶液の性質」に関して

気体センサーを活用し、炭酸水から発生するあわの二酸化炭素濃度の測定は、炭酸水に二酸化炭素が溶けている根拠の一つになりえると考ええる。他の方法と併用して考察することにより、気体が溶けている水溶液の性質や働きについて、より妥当な考えをつくりだす活動となると考える。

9 まとめ

気体濃度の変化を、時間の経過とともにリアルタイムでデジタル表示できる気体センサーの活用は、自然の事物・現象についての理解を図る上で有効であるといえる。さらに、気体センサーの活用により、児童が新たな問題を見だし、問題解決が発展していく可能性も考えられる。

今後は、本研究を基に、実際に気体センサーを活用した授業を実施し、その効果を検証していきたい。特に、「B (1) 人の体のつくりと働き」と「B (3) 生物と環境」において気体センサーを活用することにより、人や動物が空気を通して植物と関わって生きているという科学的な概念を形成することができるかに焦点を当て研究を継続していきたい。

〈引用・参考文献〉

- ・ 小学校学習指導要領解説、理科編 (平成 20 年 3 月) 文部科学省
- ・ 小学校学習指導要領解説、理科編 (平成 29 年 6 月) 文部科学省
- ・ 平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書 (平成 30 年 7 月) 文部科学省 国立教育政策研究所
- ・ 石川智恵・坂本憲明「理科離れを引き起こす要因に関する研究」『日本科学教育学会研究会研究報告』2007 年 24 巻 2 号 p 95-100
- ・ 平山大輔・森川英美・後藤太一郎・「光合成の授業における ICT の活用とその有用性」『理科教育学研究』2014 年 Vol.54 No.3 p419-424
- ・ 後藤顕一・高橋三男・飯田寛志「小学校理科教具の視点からの学習環境に関する一考察」『理科教育学研究』2017 年 Vol.57 No.4 p325-335